ESTUDO DOS MOVIMENTOS DE MASSA NA ESCARPA DA ESPERANÇA, MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA (PR) COM ENFOQUE NOS FATORES CONDICIONANTES

Solange Francieli VIEIRA[1]
Gisele CAMARGO[2]

RESUMO

Os problemas relacionados a vertentes íngremes, muitas vezes são condicionados pelo mal uso do solo. Exemplos são vistos diariamente nos noticiários, que relatam os graves processos envolvendo encostas declivosas, provenientes na maioria dos casos, de moradias em áreas de risco, ou seja, da interferência antrópica que desencadeia todo o processo. Isso é possível observar na pesquisa que esta sendo realizada no corte da Escarpa da Esperança BR-277, no município de Guarapuava.

Uma das hipóteses levantadas nesta pesquisa, é que o corte do talude para a construção da estrada tenha funcionado como ação catalisadora dos diferentes tipos de movimentos de massa presentes na Escarpa da Esperança. Por isso é que esta sendo realizada esta pesquisa, com o objetivo principal de reconhecer os quais fatores condicionantes para a ocorrência desses processos. Esses processos geomorfológicos são de grande relevância por se encontrarem entre os principais agentes modeladores do relevo, modificarem a dinâmica da encosta e trazerem riscos a vida.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objeto de estudo os movimentos de massa existentes no corte da rodovia da Escarpa da Esperança, BR 277, no município de Guarapuava (PR), situada no limite entre o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense. A pesquisa tem como objetivo principal reconhecer os fatores condicionantes para a ocorrência de movimentos de massa, com ênfase às características litológicas e estruturais e de declividade da vertente. A abordagem concentrou-se também na estimativa de volume de material deslizado da encosta e na importância da precipitação no último grande evento de deslizamento ocorrido em 1998. A hipótese levantada, é que os controles estrutural e litológico sejam as causas principais que condicionam os movimentos de massa na Escarpa da Esperança. No campo da Geomorfologia este projeto se justifica por concentrar-se no reconhecimento de mecanismos específicos de movimentos de massa em ambiente de escarpa e em seus fatores preponderantes para instalação e avanço, bem como por trazerem danos à vida, face aos riscos que impõem aos usuários da rodovia.

Para a realização da pesquisa foram necessários trabalhos de reconhecimento em campo dos mecanismos de movimento de massa presentes na Escarpa, coleta de materiais para análise em laboratório e levantamento topográfico da cicatriz de deslizamento e encosta afetada. Foi efetuado o levantamento histórico das precipitações no município para correlaciona-los com outros episódios de movimentos de massa ocorrentes na área. Em laboratório foram efetuadas análises granulométricas de solo e sedimento e em gabinete foi

[1] Universidade Estadual do Centro–Oeste Unicentro, Acadêmica do 4º ano de Geografia, solange066@yahoo.com.br.
[2] Universidade Estadual do Centro-Oeste Unicentro, Professora do Departamento de Geografia e Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, gicamargo@unicentro.br

efetuado tratamento digital dos dados de campo para confecção de bloco diagrama e estimativa de material mobilizado na vertente.

- Localização

A pesquisa é realizada no corte da rodovia da Escarpa da Esperança, BR 277, no município de Guarapuava - PR, no Terceiro Planalto Paranaense. A escarpa da Serra Geral é constituída por sedimentos e lavas de idade mesozóica. Em Guarapuava a Formação Serra Geral é denominada de Escarpa da Esperança, ela divide o Terceiro do Segundo planalto paranaense, e é constituída por bancos de arenitos eólicos da Formação Botucatu e lavas da Formação Serra Geral. A Formação Serra Geral é composta por derrames de lavas básicas, de coloração de cinza-médio a escuro, que recobrem a deposição eólica de dunas do arenito Botucatu. Esta última formação é caracterizada por arenitos brancos e avermelhados, com granulometria predominante de silte e areia, de seleção boa a regular. A área de estudo constitui uma cicatriz de deslizamento eleita como estudo de caso dos processos atuantes na escarpa.

O Terceiro Planalto é constituído por blocos planálticos com altitudes superiores a 1.200m no topo da Escarpa, chegando a197m na borda do Rio Paraná. Esta região foi esculpida do nível geral dos derrames basálticos, seguindo controles litológicos e estruturais. O fraturamento presente nas rochas vulcânicas influenciou muito a direção dos rios e seus afluentes, gerando mudanças bruscas de orientação em função das direções de fraturamento (MINEROPAR, 1988). Os blocos são compartimentados pela ação da tectônica e do trabalho erosivo da drenagem que se desenvolveu no sentido leste-oeste sobre a Formação Serra Geral.

MÉTODOS e TÉCNICAS

Para esse estudo foram utilizadas as seguintes técnicas: levantamento bibliográfico, trabalhos de campo, análise granulométrica dos materiais, levantamento topográfico, confecção de bloco – diagrama, quantificação do material deslizado na encosta, levantamento histórico da precipitação obtenção de médias mensais e anuais

Inicialmente foram realizados levantamentos bibliográficos com vistas ao levantamento de conceitos e classificações de movimentos de massa e busca na bibliografia dos fatores condicionantes que se aplicassem ao ambiente subtropical.

Foram realizados trabalhos de campo para reconhecimento dos difertentes tipos de movimentos de massa presentes na Escarpa da Esperança e as diferentes escalas de ocorrência . Foi realizado o levantamento topográfico do corte da estrada e da área que ocorreu o deslizamento, na Escarpa da Esperança em 29 de novembro de 2004. Para o trabalho foi utilizado a estação total, prismas de cristal e GPs. Com estes equipamentos foi possível percorrer todo perímetro da cicatriz do deslizamento e sua área interna.

Nos trabalhos granulométricos foram utilizadas 5 amostras pertencentes a cicatriz de deslizamento. A análise do material coletado constituiu-se de várias etapas sucessivas. Primeiramente, as amostras foram levadas à estufa para secagem sob uma temperatura de 60ºC, permanecendo por 24 horas para eliminar a umidade. Com a ajuda de um gral de porcelana envolto em borracha, a amostra foi desagregada. Em seguida, o material resultante da moagem é passado em um jogo de peneiras de 4 mm, 1,70 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm e 0,125 mm. Nas peneiras o material foi agitado por 20 minutos, efetuada a separação, o material contido em cada uma das peneiras, foi novamente pesado. O material que passou pelas peneiras foi separado em uma porção de 50 gramas, o qual foram acondicionadas em copos plásticos numerados, onde adicionou-se 25 ml de hidróxido de sódio (NaOH) e 25 ml de água destilada, permanecendo em repouso. Depois a amostra foi colocada em uma peneira de 0,062 mm e lavada com água destilada. O material resultante foi acondicionado em proveta de 1.000 ml para posterior pipetagem.

Na pipetagem, o tempo calculado para coleta das partículas foi de 1'55", 7'40", 30'40" e 1º1'19". As amostras contidas em proveta foram agitadas e depois iniciou-se a coleta das partículas. O material coletado na pipetagem, é colocado em Becker de 50 ml, devidamente pesado e identificado. Em seguida, esses copos foram levados para a estufa em uma temperatura de 85ºC para a secagem. Efetuada a secagem as amostras foram pesadas e os dados anotados.

Para o levantamento topográfico foi utilizado a estação total, prismas de cristal e GPs. Com estes equipamentos foi possível percorrer todo perímetro da cicatriz do deslizamento e internamente, para se definir as cotas. O tratamento dos dados da topografia foi realizado em programa AutoCad para georeferenciar a imagem. Inicialmente digitalizou-se as linhas e atribuiu valores de Z para as curvas de nível. Em seguida, georeferênciou a imagem utilizando progressão UTM SAD 69. Como produto desta etapa, foi confeccionado bloco-diagrama da área que sofreu deslizamento. Para isso foi utilizado o programa Surph, para conversão da topografia em bloco diagrama. Os procedimentos para a confecção foram: primeiro importou-se os arquivos DXF R12 do AutoCad, este já com as linhas georeferenciadas e com valores de Z. Depois disso foi necessário o programa SRING para gerar uma grade retangular. Efetuado a conversão para o formato do Surph em arquivo TXT, foi possível gerar o bloco diagrama. Numa etapa posterior buscou-se estimar o volume de material que foi mobilizado naquela cicatriz de deslizamento. Nesta etapa utilizou-se o programa Spring, tendo como cota base 1040m e cota ideal 1028m para cálculo do volume.

A análise do fator precipitação nos movimentos de massa foi efetuada com vistas a identificar possível correlação entre o grande evento de movimento de massa ocorrido em 1998 com o volume e a intensidade da precipitação no período. Para isso foram trabalhados com os dados históricos da Precipitação anual e mensal obtidos no IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná), este órgão é responsável pela coleta de dados meteorológicos no Paraná. O posto do IAPAR no município de Guarapuava situa-se a 1.059 m de altitude, tendo coordenadas geográficas de 25º 21'S e 51º31'W.

RESULTADOS

Para o reconhecimento dos processos existentes na Escarpa (figura 1), adotou-se a classificação de Guidicini & Nieble (1984), por ela apresentar de forma detalhada e aprofundada estes complexos processos. Os autores correlacionam pluviosidade e escorregamentos, e utilizam causas internas e externas para a classificação.

Os trabalhos de campo colocaram em evidência que os processos de movimentos de massa dominantes na encosta são: rastejo, escorregamentos translacionais que evoluíram para escorregamento translacional de solo e rocha, queda de detritos do basalto no topo da vertente caracterizado como cascalheira, também queda de detritos do arenito, e queda de blocos do arenito amplamente diaclasado.

Figura 1: Cicatriz do deslizamento da Escarpa da Esperança

Segundo Guidicini & Nieble (1984) os movimentos de rastejamento são lentos e contínuos. Podendo envolver grandes massas de solos, como por exemplo, podem movimentar os taludes de uma área inteira sem que haja diferenciação entre o material em movimento e o material estacionário. Os rastejos não possuem velocidade uniforme, pois quando atingem taludes mais íngremes podem passar bruscamente para escorregamentos. Este movimento é provocado pela gravidade, juntamente com as variações de temperatura e umidade. Bigarella (2003) acrescenta outras causas que podem ser: pela cristalização e dissolução de solutos, pelo congelamento e degelo, pisoteio de animais, pelo crescimento das raízes das plantas e pelas ações humanas. Na Escarpa da Esperança acredita-se que o processo inicial tenha sido o rastejamento, devido o corte do talude, e conseqüentes modificações de cobertura vegetal, hidrológicas e de declividade na vertente resultando em processos posteriores em que estiveram envolvidos principalmente escorregamento.

Os escorregamentos translacionais são as formas mais freqüentes entre todos os tipos de movimentos de massa. Eles resultam da atividade de processos geológicos (acamamento, fraturamento, etc), geomorfológicos (depósitos de encostas) ou pedológicos (contato entre horizontes, *solum*-saprolito). Os escorregamentos translacionais ocorrem, em maior parte dos casos, durante períodos de intensa precipitação (FERNADES e AMARAL, 1996). Como foi o caso da Escarpa da Esperança, quando em abril de 1998 o processo se agravou devido ao volume de chuva precipitado que foi 776mm em dois meses. A intensa precipitação neste período, resultou em um grande deslizamento que interrompeu o tráfego de veículos na rodovia.

Guidicini e Nieble (1984) denominam queda de detrito como um termo de transição entre queda de blocos e escorregamentos. Ocorre por queda livre, de poucos fragmentos terrosos ou rochosos, são movimentos de pequena magnitude. Nesta classe se enquadra o processo de desagregabilidade de massas rochosas, sem efeitos catastróficos, mas efeitos nocivos às obras de drenagem de rodovias e estradas de ferro. Na área de estudo é possível observar esse processo no topo da vertente, a partir da camada de basalto parcialmente alterado que forma cascalheira. Ela capeia grande parte da escarpa. Este material origina a queda de detrito do basalto, que pela gravidade se deposita na base da encosta. É um mecanismo de movimento de massa que independe da pluviosidade, a descida desses blocos é permanente na área estudada. Há também a queda do detrito do arenito em vários locais na Escarpa.

Quedas de blocos são movimentos rápidos de blocos e lascas de rochas, que são removidos por queda livre, pela ação da gravidade e sem superfície de movimentação. Elas são oriundas das encostas íngremes, ou seja, de paredões rochosos que contribuiem decisivamente para a formação dos depósitos de tálus. Este movimento inicia-se devido a descontinuidades na rocha, como fraturas e bandeamentos composicionais onde o intemperismo químico e físico atacam preferencialmente, ocasionando o despreendimento de blocos e dando início a movimentação (FERNANDES e AMARAL, 1996). Na Escarpa da

Esperança, foi possível observar que nos locais onde há quedas de blocos a rocha se apresenta amplamente fraturada, assim se caracterizando como um fator condicionante deste tipo de processo. Esta hipótese será confirmada posteriormente, quando forem realizadas as fotointerpretações para confirmar se direções de falhas de caráter estrutural coincidem com aquelas medidas em campo

Os trabalhos efetuados até o presente mostrou que o reconhecimento e a classificação das diferentes formas de de movimentos de massa é uma tarefa difícil, pois há na bibliografia grande variedade de classificação , tendo como principais as de (SHARPE, 1938; FREIRE,1965; SOARES et al., 1976; GUIDICINI & NIEBLE, 1984; FERNANDES & AMARAL, 1996; BIGARELLA, 2003). Outro aspecto a ser considerado também é a evolução temporal e especial pelas quais os diferentes movimentos de massa passam a partir da introdução de variáveis como declividade, aumento de água no sistema ou recuo da escarpa pela intensificação dos movimentos.

Nas análises granulométricas colocaram em evidência que os materiais mobilizados na encosta são predominantemente areia e silte. A amostra 1 de sedimentos do arenito mostra que trata-se de arenito coeso, fragmentado em blocos ou seixos em forma quadrada, de coloração escura-avermelhada. Esta amostra foi extraída de uma área da parede com esfoliação com aproximadamente 8 a10 cm de largura. Nesta parede há uma sucessão de esfoliações com expessuras que variam de 12 cm a 4 cm e até mesmo 2 cm na parte externa para o interior da rocha. A hipótese levantada é que essa rocha , não seja a mesma que domina toda a encosta, e que este material origina o movimento de massa chamado de corrida de detrito e queda de blocos que provavelmente está associado às esfoliações.

A segunda amostra 2 foi coletada a proxima a canelura central, nela a silte representa 86% da amostra, seguida por areia com 13,5951. Silte é um material sedimentar corresponde a material muito fino e friável, este material foi encontrado em todas as amostras em quantidades consideráveis. A terceira amostra é oriunda do cone de dejeção da cascalheira, nela opercentual de areia é da ordem de 75%, seguida por silte com 21%.. A quarta amostra foi retirada do lado esquerdo da canelura principal, a aproximadamente 10 m abaixo da cascalheira, nela o teor de areia é de 65%, o de silte foi de 32% e o de grânulo é de 1% Ela apresenta as mesmas condições de esfoliação e alteração química da primeira amostra. Uma quinta amostra foi retirada diretamente da parede, no setor esquerdo da cicatriz, apresentado-se extremamente friável, com composição granulométrica predominante de de silte (com 64%) e areia (33%).

Com isso é possível perceber que, as propriedades texturais do material de alteração exposto na vertente favorecem a rápida perda de coesão quando saturado, pois trata-se predominantemente de material areno-siltoso, síltico-arenoso e siltoso. Os dados obtidos da análise granulométrica juntamente com o volume de precipitação ocorrido no outono de 1998 indicam que o fator textural associado com o incremento de água pode contribuir para o avanço de processos de movimento de massa em vertentes íngremes .

A análise aerofotogramétrica, com fotos aéreas de 1980 desse setor da Escarapa da Esperança mostra que a área em estudo já apresentava naquele período uma cicatriz de deslizamento, indicando que trata-se de eventos recorrentes de movimentos de massa naquele local. Estima-se que os movimentos de massa tenham sido desencadeados inicialmente pelo corte do talude para a construção da rodovia.

O segundo grande evento de que se tem registro é o de abril de 1998, quando grande volume de material deslizou da encosta interditando a estrada por dois dias. Naquele mês o volume de chuva precipitado foi de 518 mm e no mês anterior foi de 258,1 mm, ou seja além do volume precipitado naquele mês de abril, a encosta já apresentava umidade antecedente decorrente da precipitação do mês anterior, o que levou à saturação do material – solo e manto de intemperismo. O gráfico 01 mostra as médias mensais de precipitação para o período de 1976 a 1998, que indica média mensal de 150 mm para os meses de março e abril. Os valores registrados em 1998 estão muito acima. Guidicini & Nieble (1984)

observaram que há correlação entre chuvas e escorregamentos para índices de pluviosidade superior a 250 – 300 mm. Estes mesmo autores afirmam que essas grandes intensidades de chuva desencadeam movimentos de massa praticamente em qualquer circunstância. Não se sabe com precisão, de que maneira atua o elevado índice de chuvas sobre a estabilidade das encostas. Diversas são as proposições a respeito do assunto e, um fato que parece comum a todas elas é que por ocasião dos escorregamentos, os solos envolvidos devem atingir um grau de saturação considerado crítico aos efeitos de estabilidade (GUIDICINI & IWASA, 1976).

Assim ao se avaliar a água como fator condicionante percebe-se que ela atua na desestabilização de encostas de várias maneiras, como por exemplo quando: 1) eleva o grau de saturação do solo, diminuindo sua resistência e aumentando o peso do solo, devido à retenção da água; 2) provoca infiltração nos vazios, fissuras e juntas dos maciços ou em parte deles, gerando pressões hidrostáticas ou hidrodinâmicas, que podem ocasionar a ruptura de um talude; 3) gera o escoamento superficial, que aumentam a instabilidade nas encostas (Pisani S/D). Por isso a alta pluviosidade constitui um dos principais condicionantes dos movimentos de massa nas vertentes com equilíbrio crítico. Mas não se deve considerar somente isso, mas também o tempo de duração das chuvas, a condutividade hidráulica dos solos e a variação do grau de saturação. “Uma forte pancada de chuva de curta duração, antecedida por dias secos, tem maior probabilidade de provocar deslizamentos do que a mesma quantidade distribuída em um período maior” (Herrmann, 1999 p.252; Bigarella 2003).

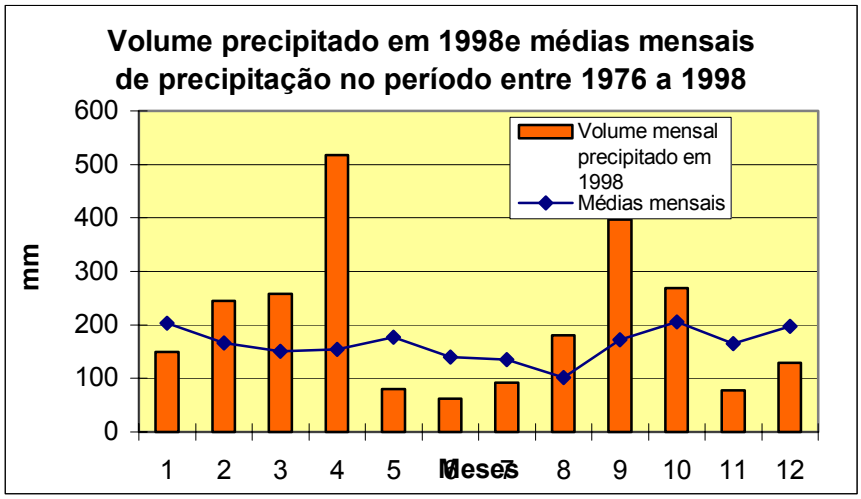

Gráfico 01: Volume mensal de chuva precipitado em 1998 e médias mensais de precipitação no período entre 1976 a 1998.
Fonte: IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná
Org: Solange F.i Vieira

A cicatriz de deslizamento que constitui o objeto de estudo do presente trabalho destaca-se na paisagem local não apenas pela marca deixada pelos movimentos de massa que retirou a cobertura vegetal, mas principalmente pelo recuo da vertente (representado na Figura 2) promovido pelos sucessivos epsódios de movimentos de massa que afetam aquele setor da escarpa. As estimativas feitas a partir dos dados digitalizados e aplicação do Springer apontam para um volume de 6.267,51 m^3 , de material mobilizado da vertente e a área de de 4.203,57m² que corrende à cicatriz do deslizamento.

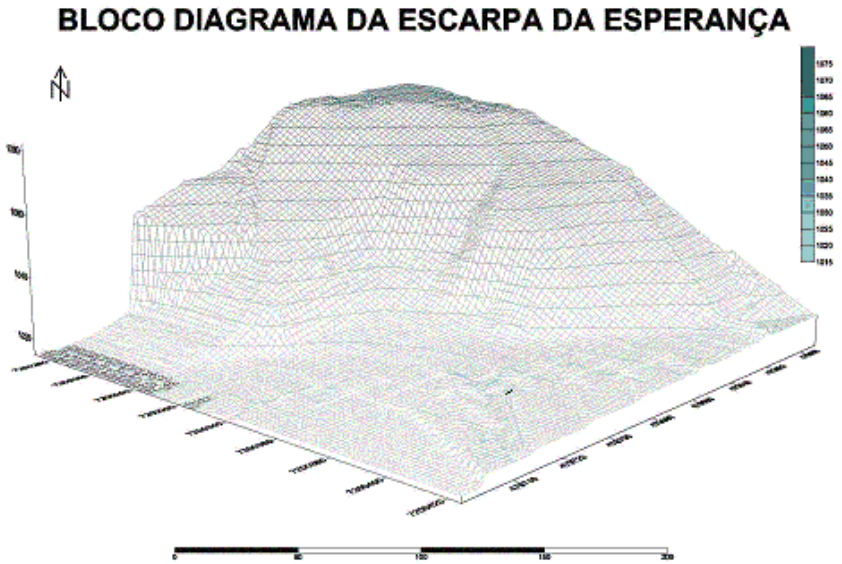

Figura 02: "XI SBGFA Bloco-diagrama representado o recuo da escarpa a área de estudo.
Org:Solange F. Vieira

Os resultados preliminares apontam para as propriedades texturais do manto de intemperismo e estruturais da rocha, a declividade acentuada, e as contínuas e intensas precipitações que ocasionalmente ocorrem como fatores condicionantes dos processos de movimento de massa na área. Contudo a interferência humana ao promover o corte do talude para construção da estrada funcionou como ação catalizadora dos diferentes tipos movimentos de massa verificados na escarpa.

REFERÊNCIAS

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**: processos erosivos, vertentes, movimentos de massa, atividade endógena, superfícies de erosão, compartimentação do relevo, depósitos correlativos e ambientes fluviais. Florianópolis: EDUFSC, 2003, v. 3, p. 877-1436.

FERNANDES, N. F. AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológica-geomorfológica. IN: GUERRA, A. J, T e CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p. 123-186.

GUIDICINI, G e NIEBLE, C. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1984.

GUIDICINI, G. IWASA O.Y. Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido São Paulo, 1996: Publicação nº. 1080.

HERRMANN, M.L.P. Problemas Geoambientais na Faixa do Litoral Catarinense. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

LUIZ, E. L. Estudos de Movimentos de Massa na Bacia do Rio Inferninho e sua influência na evolução das vertentes. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998, 210p.

MINEROPAR. Gerência de fomento e economia mineral. Levantamento das potencialidades minerais dos municípios – Guarapuava. Relatório Curitiba, 1988.

PISANI, M. A. J. Características naturais e antrópicas agravantes nos processos de escorregamentos em encostas urbanas. São Paulo, CEFET. S/D

SOARES, L. GUIDICINI, G. VERDE, J. A. L. Considerações sobre os movimentos de massa ocorridos na Serra de Maranguape – CE. Fortaleza, 1976, S/N. Publicação nº. 1073.